

*Р. И. Тагиров, Д. А. Корнилова, С. В. Картавцев*

Магнитогорский государственный технический университет

им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

*rustam.tagirov.1999@gmail.com*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ СТЕНКИ КРИСТАЛЛИЗАТОРА МНЛЗ ДЛЯ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

*В работе рассматривается вариант использования в качестве теплоносителя в стенке кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) химически очищенной воды взамен технической. Определен тепловой поток стенки кристаллизатора МНЛЗ. Построен двухмерный и трехмерный график зависимости температуры от толщины стенки. Приведена перспективная схема использования химически очищенной воды на выходе из кристаллизатора.*

Ключевые слова: *кристаллизатор, теплоноситель, химически очищенная вода, техническая вода.*

*R. I. Tagirov, D. A. Kornilova, S. V. Kartavtsev*

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

## RESEARCH OF THE WALL HEAT OPERATION OF THE CONTINUOUS CASTING MACHINE CRYSTALLIZER FOR STEEL CASTING

*The paper considers the option of using chemically purified water instead of technical water as a heat carrier in the wall of the CCM mold. The heat flux of the mold wall of the continuous casting machine is determined. A two-dimensional and three-dimensional graph of the temperature versus wall thickness is constructed. A promising scheme of using chemically purified water at the outlet of the mold is given.*

Keywords: *crystallizer, heat carrier, chemically purified water, industrial water.*

Кристаллизатор в МНЛЗ (рис. 1) является важной частью, так как обеспечивает быстрое формирование достаточно толстой оболочки на поверхности непрерывно-литой заготовки.

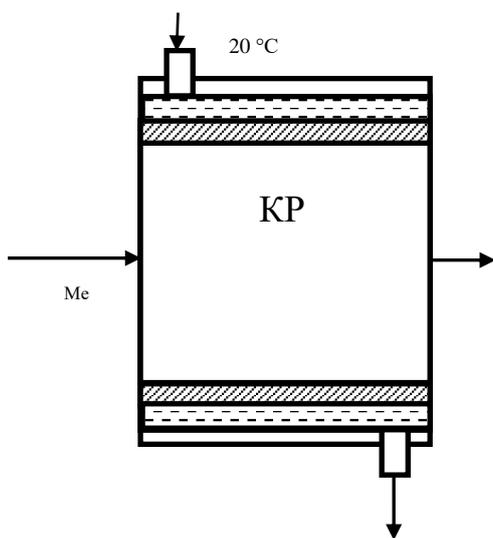


Рис. 1. Действующая схема кристаллизатора (КР)

Температура воды на выходе из кристаллизатора составляет 30 °C, далее с такими параметрами эту воду сливают в реку или подают на градирни. Следует отметить, что при охлаждении и затвердевания стали в процессе непрерывной разливки, отводится около 350 кДж теплоты на 1 кг стали, которое выбрасывается в окружающую среду [1].

Разработана перспективная схема использования в качестве теплоносителя химически очищенной воды (ХОВ) взамен технической.

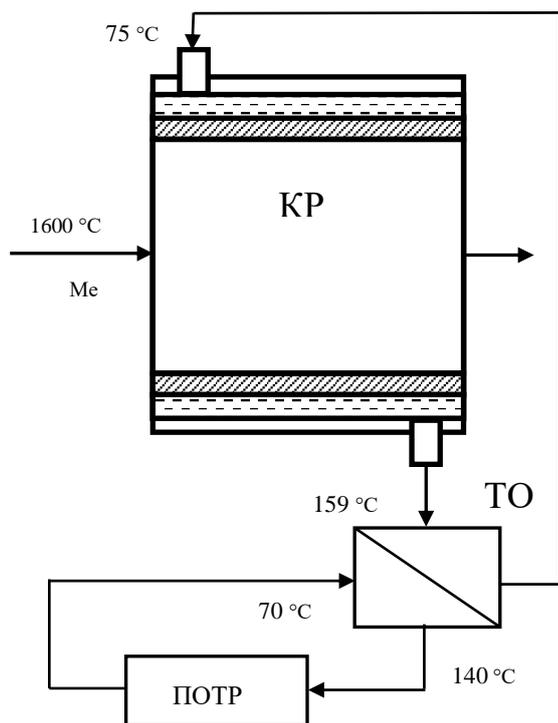


Рис. 2. Перспективная схема циркуляции ХОВ:

ХОВ – химически очищенная вода,  
ТО – теплообменник,  
КР – кристаллизатор,  
ПОТР – потребитель

Температура ХОВ на выходе из кристаллизатора составляет 159 °C при давлении 6 атм, с такими параметрами она поступает в теплообменник. В теплообменнике происходит передача теплоты между ХОВ от кристаллизатора и холодной водой от потребителя, поступающей с температурой 70 °C. Из теплообменника охлажденная вода следует в кристаллизатор с температурой выше 70 °C, например 75 °C для того, чтобы сохранить отопительный температурный график 140/70 °C. Такое увеличение начальной температуры

охлаждающей жидкости, по мнению авторов, не внесет существенных изменений в тепловую работу кристаллизатора при охлаждении стали в нем с 1540 °С до среднemasсовой температуры заготовки. приблизительно 1300 °С.

Расчеты произведены при коэффициентах теплоотдачи 15000 Вт/(м<sup>2</sup>·°С) со стороны жидкой стали и 5000 Вт/(м<sup>2</sup>·°С) со стороны охлаждающей жидкости.

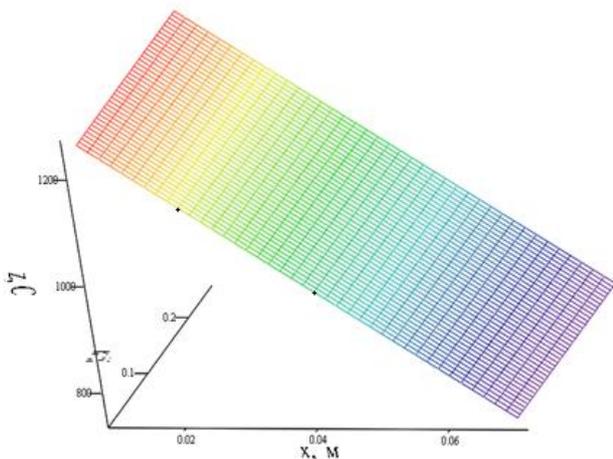


Рис. 3. Трехмерный график зависимости температуры от толщины стенки

Теплопроводность медной стенки составляет 350 Вт/(м·°С) [2]. Тепловой поток рассчитан по формуле:

$$q = \frac{t_{\text{ме}} - t_{\text{ох}}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (1)$$

Плотность теплового потока химически очищенной воды составляет 2,959 кВт/м<sup>2</sup>, технической – 3,236 кВт/м<sup>2</sup>,

На рис. 3 представлен трехмерный график зависимости температуры от толщины стенки, где по осям абсцисс и ординат отложены ширина и длина соответственно, а по оси аппликат – температура. На графике видно, что при толщине 0,04 м температура составляет 1005 °С, при толщине 0,02 м температура составляет 1174 °С.

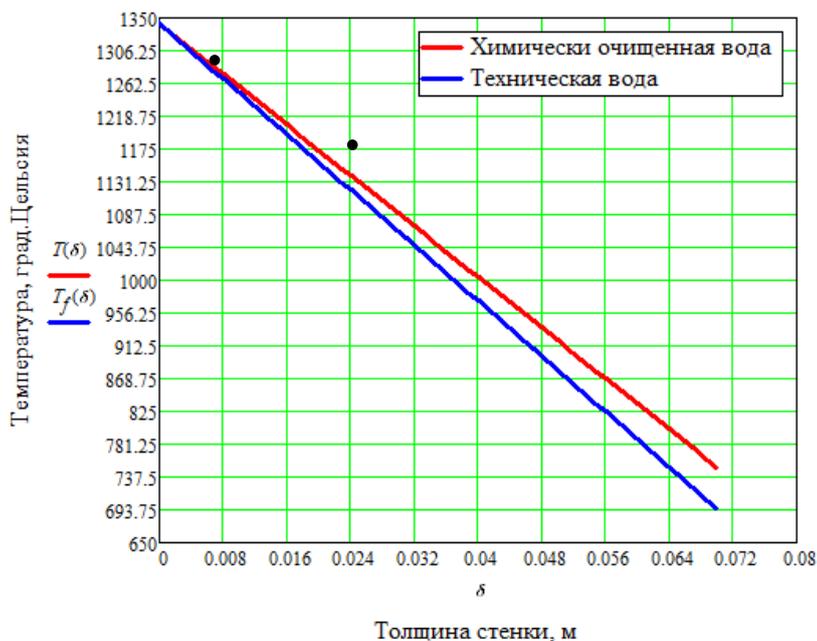


Рис. 4. Двумерный график зависимости температуры от толщины стенки:  $T_f(\delta)$  – техническая вода;  $T(\delta)$  – химически очищенная вода

График построен с помощью сертифицированной программы Mathcad.

Распределение температур в зависимости от толщины стенки для химически очищенной воды и технической представлено на рис. 4, при указанных выше тепловых потоках.

При толщине стенки 0,05 м температура стенки со стороны охлаждающей жидкости равна: 920 °С при использовании химически очищенной воды и 880 °С – при использовании технической воды.

Температура повышается в пределах прочности стенки. Температура плавления меди составляет 1085 °С. Температура стенки меньше температуры плавления меди, что не угрожает целостности стенки и позволяет использовать теряемую теплоту жидкой стали по схеме, представленной на рис. 2.

Таким образом, использование в качестве охлаждающего теплоносителя химически очищенной воды, является перспективным, так как в данном случае теплота не теряется, а используется потребителем.

#### Список использованных источников

1. Непрерывная разливка стали. Расчеты медных кристаллизаторов / И. М. Ячиков, К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, Т. П. Ларина, И. Е. Петров. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 190 с.
2. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел : учебник для техн. спец. высш. учеб. заведений. М. : Энергоиздат, 1981. 415 с.